УДК 502.58:574

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ЭКСПЕРТНО-МОДЕЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА «АРИА» ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Н.Ю. Истомина, М.Д. Носков, А.Д. Истомин, А.Н. Жиганов

Северский государственный технологический институт
E-mail: istomina@ssti.ru

Приведено краткое описание концепции, структуры и функций геоинформационного экспертно-моделирующего комплекса «АРИА». Комплекс предназначен для оценки последствий и аварийного планирования в случае выброса радиоактивных веществ в атмосферу. Описано применение комплекса для проведения оценки последствий аварийного выброса радиоактивных веществ в приземный слой атмосферы.

Функционирование предприятий ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) сопряжено с риском выброса радиоактивных веществ в приземный слой атмосферы. Опасность для жизнедеятельности человека и окружающей природной среды возникает в случае, если имеет место превышение приемлемых уровней радиационного воздействия [1]. Степень опасности радиационной обстановки возможно оценить с помощью сбора и комплексного анализа пространственно-распределенных данных (характеристик местности, информации об источниках выбросов, параметров состояния окружающей среды и т.д.), прогнозирования последствий распространения радиоактивных веществ с помощью соответствующих моделей, сопоставления полученных результатов с критериями принятия решений, предусмотренными нормативными документами. В связи с необходимостью обработки и анализа значительных объемов разнородных данных при подготовке решений о проведении мероприятий по ликвидации последствий выбросов целесообразно использовать специализированные программно-технические средства поддержки принятия решений.

В статье представлен геоинформационный экспертно-моделирующий комплекс (ГИЭМК) «АРИА», представляющий собой многопоточное проблемно-ориентированное программное обеспечение, предназначенное для работы на персональном компьютере под управлением операционной системы Windows 98–XP. Сочетание в ГИЭМК «АРИА» геоинформационной, моделирующей и экспертно-аналитической систем позволяет:

– визуально представлять расположение населенных пунктов, источников загрязнения, размеров и уровней загрязнения участков местности, а также распространения радиоактивных веществ;
– моделировать физико-химические процессы распространения радиоактивных веществ и рассчитывать дозы, формируемые внешним и внутренним путями воздействия на человека;
– получать оперативные прогнозы с привязкой к карте местности, вырабатывать решения по снижению воздействия ионизирующего излучения на человека, формировать базы данных сценариев формирования радиационной обстановки;
– обучать специалистов, ответственных за принятие решений, формировать практические навыки использования полученных знаний.

Геоинформационная система (ГИС) предназначена для хранения и отображения пространственно-временных и тематических данных [2], характеризующих рассматриваемую территорию и радиационную обстановку, сложившуюся в результате выбросов радиоактивных веществ в атмосферу. ГИС состоит из цифровых моделей (ЦМ) местности, радиационной обстановки, потенциально-опасных объектов и реципиентов радиационного риска, а также модуля общения [3, 4]. К потенциально-опасным относятся объекты, функционирование которых сопряжено с риском выброса радиоактивных веществ в атмосферу. Реципиентами радиационного риска являются объекты подверженные воздействию ионизирующего излучения.

ЦМ потенциально-опасного объекта содержит пространственные и атрибутивные данные. Пространственные данные определяют геометрию и положение объекта. Атрибутивные данные потенциально-опасного объекта – это параметры возможных аварийных ситуаций, включающие сведения о виде аварии (разрушение реактора, разгерметизация емкости и т.п.), характеристиках источника, активности и радионуклидном составе выброса.

ЦМ реципиента радиационного риска состоит из пространственных, статических (не изменяющихся в процессе работы моделирующей и экспертно-аналитической систем) и динамических данных. Набор пространственных данных ЦМ объекта реципиента аналогичен пространственным данным ЦМ потенциально-опасного объекта. Набор статических атрибутов определяется типом объекта (например, для населенного пункта – численность населения, возрастной состав, характер застройки, средства эвакуации и т.п.). Динамические данные представляют собой характеристики радиационного воздействия на объект, а также рекомендации, полученные в результате работы экспертно-аналитической системы.

ЦМ местности представляет собой множество слоев (карт подложек), характеризующих рассматриваемую местность. Базовым слоем ЦМ местности

является растровая карта рассматриваемой территории. В ЦМ местности также содержатся слои, характеризующие свойства поверхности (шероховатость, коэффициент поглощения примеси поверхностью и др.). ЦМ радиационной обстановки содержит текущие результаты расчетов и анализа радиационной обстановки, привязанные к карте местности.

Модуль общения предназначен для визуализации и редактирования данных ЦМ пользователем. Данные ЦМ визуализируются в виде карт, графиков и таблиц. Редактирование данных ГИС, кроме результатов работы моделирующей и экспертно-аналитической систем, происходит с помощью системы диалогов.

Моделирующая система (МС) состоит из модулей управления, расчетов распространения примеси и дозовых нагрузок. Модуль управления позволяет пользователю активизировать, приостанавливать и прекращать процесс моделирования. Модуль расчета распространения радиоактивных веществ предназначен для определения удельных активностей в воздухе и на подстилающей поверхности с учетом параметров выброса, метеоусловий, свойств подстилающей поверхности. В модуле расчета дозовых нагрузок определяются эквивалентные дозы, обусловленные излучением облака радиоактивных веществ и загрязненной поверхности, ингаляцией радионуклидов. Работа каждого из расчетных модулей базируется на соответствующей математической модели. Для описания распространения радиоактивных веществ в приземном слое атмосферы используется метод случайно-блуждающих точек [5]. Математическая модель оценки воздействия радиоактивных веществ базируется на методике расчета эквивалентных доз, обусловленных облаком радиоактивных веществ, загрязненной поверхностью, ингаляцией радионуклидов. Расчеты доз осуществляются на основе данных моделирования распространения радиоактивных примесей с учетом соответствующих характеристик излучения отдельных радионуклидов [6]. Результаты расчетов отображаются на карте местности в виде изолиний поверхностных концентраций, временных графиков и изолиний мощностей эквивалентных доз.

Экспертно-аналитическая система содержит модули идентификации параметров моделирования, анализа радиационной обстановки и общения, а также базы данных параметров моделирования распространения примесей, параметров расчета дозовых нагрузок, нормативных документов и аварийных планов.

Модуль идентификации параметров моделирования предназначен для определения значений параметров, необходимых для расчетов распространения облака радиоактивных веществ и дозовых нагрузок. Идентификация параметров проводится согласно логическим правилам, на основе введенных метеоданных, ЦМ потенциально-опасных объектов и соответствующих баз данных.

Модуль анализа радиационной обстановки предназначен для анализа сложившейся ситуации и выработки рекомендаций действий по снижению негативного воздействия радиоактивных веществ на население. Анализ сложившейся радиационной обстановки проводится с помощью сопоставления результатов расчетов с критериями безопасности, введенными пользователем и/или содержащимися в базе данных нормативных документов. На основе результатов анализа радиационной обстановки и базы данных аварийных планов вырабатываются рекомендации по проведению мероприятий, направленных на минимизацию последствий выбросов радиоактивных веществ в атмосферу.

Модуль общения предназначен для ввода и вывода данных. Пользователем вводятся метеоданные и значения критериев, по которым осуществляется анализ радиационной обстановки. С помощью модуля общения пользователю предоставляются выработанные модулем анализа радиационной обстановки рекомендации. Кроме этого, пользователь имеет возможность формирования и печати отчета о работе ГИЭМК.

Применение комплекса «АРИА» для разработки решений о проведении мероприятий по ликвидации последствий выбросов в атмосферу включает в себя несколько этапов. На первом этапе пользователь вводит текущие метеоданные и производит выбор источника выброса и его параметров из базы данных потенциально-опасных объектов. Ввод данных осуществляется посредством разработанного пользовательского интерфейса. Пример задания атрибутов объектов ГИС, метеоусловий, и параметров выброса, необходимых для проведения прогнозных расчетов и анализа радиационной обстановки на местности, показан на рис. 1. Введенные данные передаются в модуль идентификации параметров моделирования экспертно-аналитической системы. После этого значения параметров, необходимых для проведения моделирования рассеяния радиоактивных веществ в атмосфере и расчета доз, передаются в расчетные модули МС. На втором этапе работы МС выполняются расчеты распространения примесей и дозовых нагрузок. Результаты моделирования через определенные интервалы времени передаются в ГИС для хранения и визуализации. На рис. 2 представлен пример рабочего окна приложения, содержащий результаты прогнозных расчетов.

В ходе третьего заключительного этапа происходит анализ данных о радиационной обстановке, содержащихся в ГИС. Анализ заключается в сопоставлении результатов расчетов с критериями безопасности населения, веденными пользователем или содержащимися в базе нормативных документов. С целью анализа радиационной обстановки на ранней стадии аварии или отслеживания приемлемых уровней радиационного загрязнения местности и воздействия ионизирующего излучения на население при штатных режимах работы предприятий ЯТЦ в экспертно-аналитической системе предусмотрена возможность формирования пользователем запросов на поиск ареалов местности с заданными характеристиками (например, уровень активности, доза и мощность дозы на поверхно-

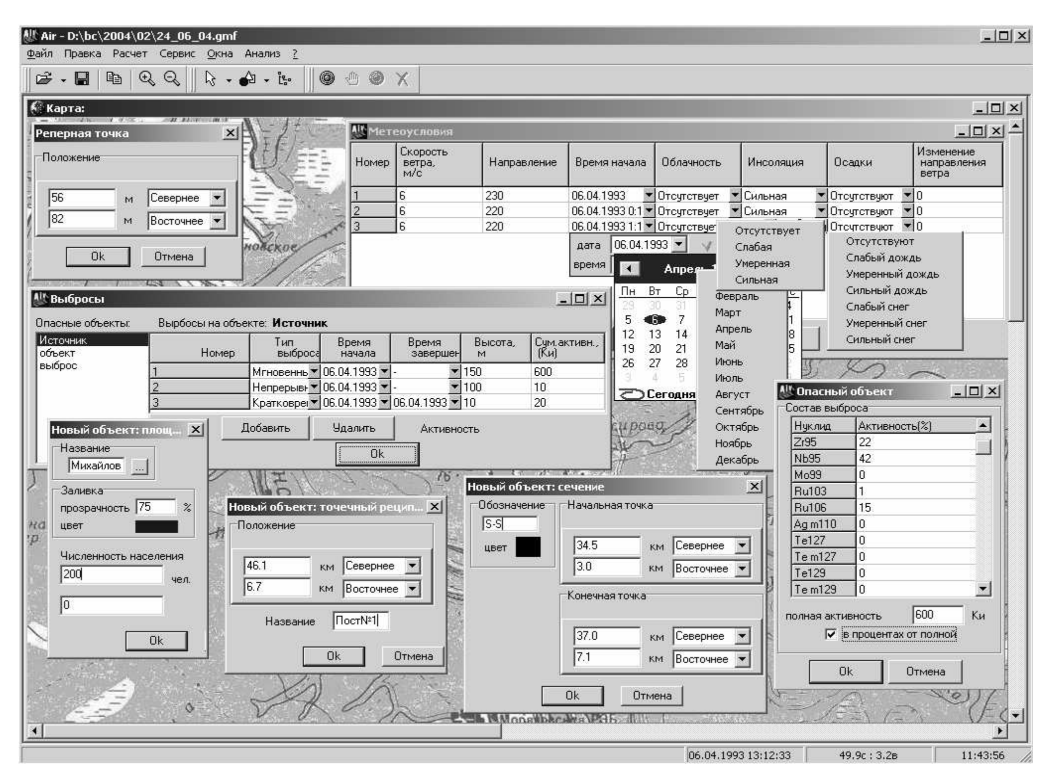


Рис. 1. *Пример задания метеоусловий, параметров выброса и атрибутов объектов ГИС с помощью ГИЭМК «АРИА»*

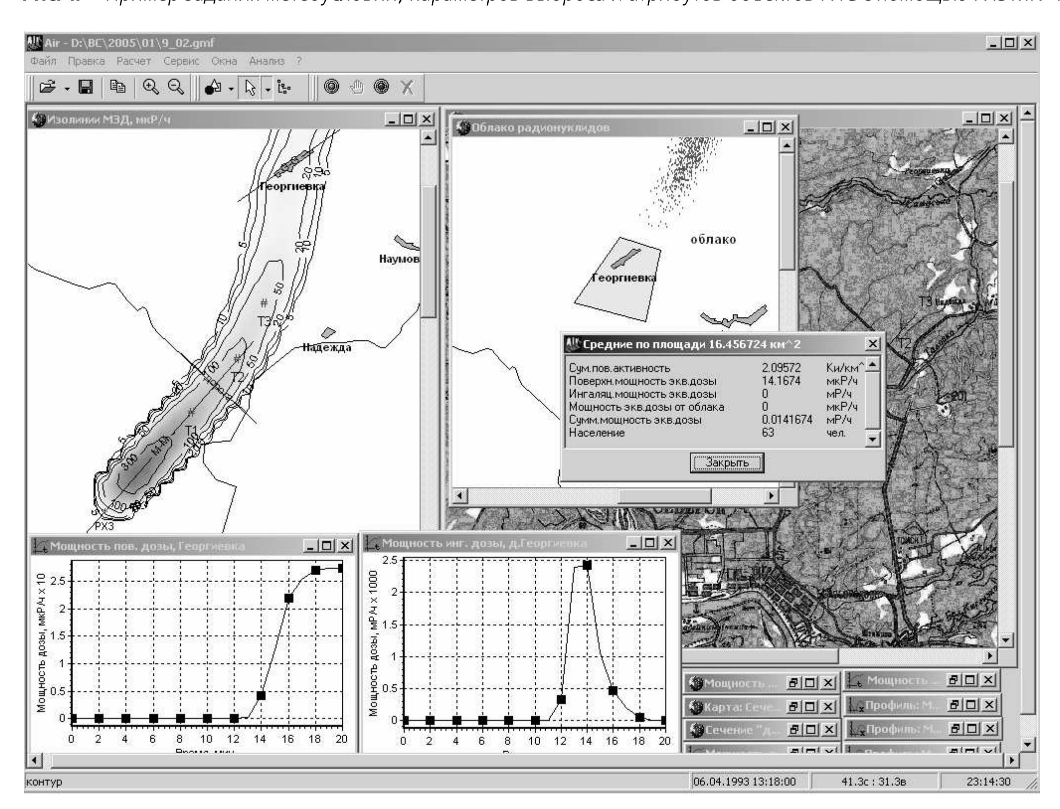


Рис. 2. *Пример рабочего окна с результатами прогнозных расчетов*

сти). Пользователю также предоставляется возможность введения контрольных точек, сечений, участков поверхности для получения значений интегральных параметров этих объектов (например, динамика изменения мощности дозы в точке, распределение активности радионуклидов вдоль сечений, суммарная активность на участке поверхности и др.). Проведение радиационного анализа также возможно для выбранных объектов-реципиентов. В этом случае предоставляется общая инфор-

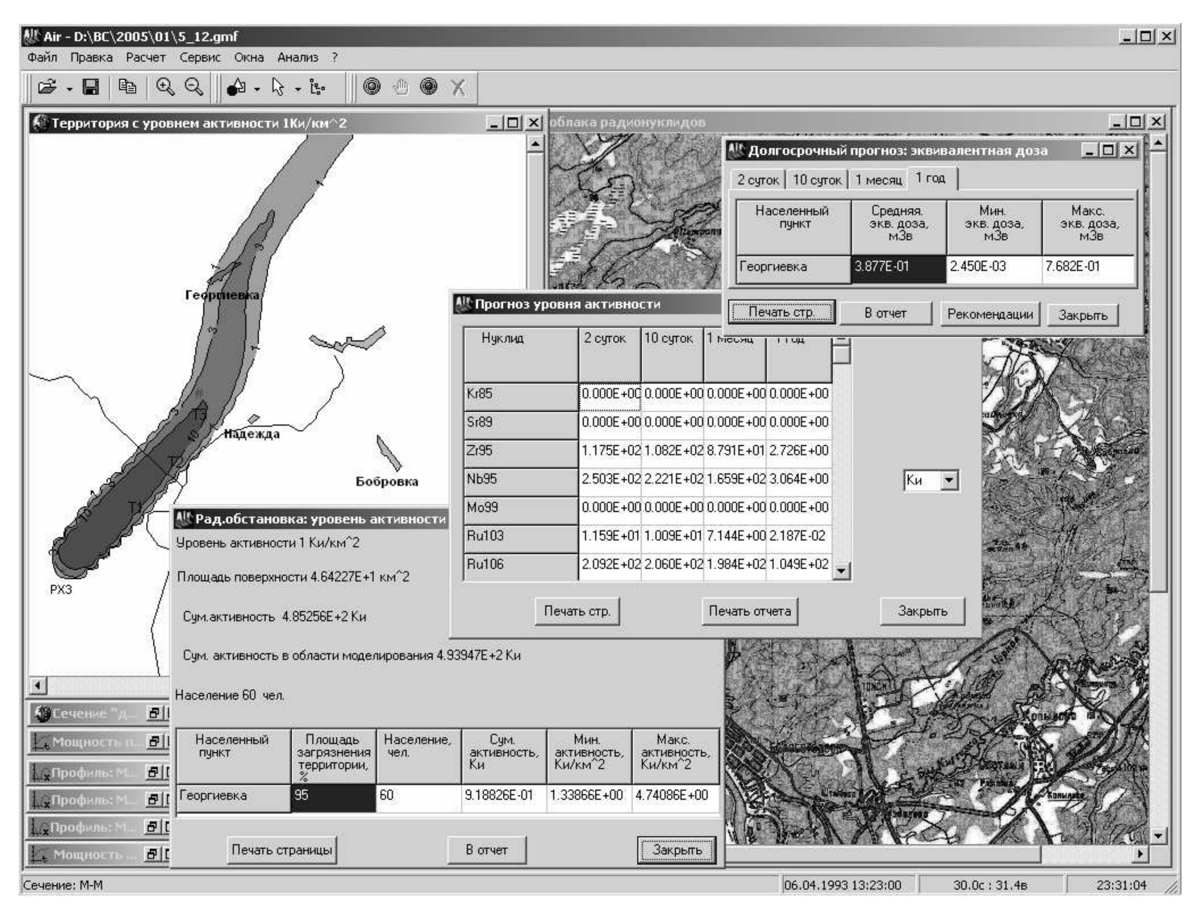


Рис. 3. *Визуализация результатов работы экспертно-аналитической системы*

мация по области моделирования (например, все население, суммарная площадь поверхности выбранных объектов и т.д.), а также сведения по каждому из объектов, включающие в себя: площадь загрязненной поверхности (в процентах от площади объекта), средние по площади, максимальные и минимальные значения величин, характеризующих радиационную обстановку (активность, мощности доз и дозы).

Согласно рекомендациям по ограничению облучения населения [1] анализ радиационной обстановки на загрязненной территории необходимо проводить через определенные временные сроки. С этой целью экспертно-аналитической системой предоставляются долгосрочные прогнозные данные о радиационной обстановке на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению. В соответствии с прогнозами пользователю предоставляются рекомендации мер по защите населения и зонированию территории. Информация о радиационной обстановке предоставляется пользователю в виде таблиц и карт зонирования местности (рис. 3). По окончанию работы ГИЭМК формируется отчет, содержащий параметры аварийной ситуации, метеоданные, результаты моделирования и анализа радиационной обстановки. Пользователь в ходе анализа радиационной обстановки имеет возможность добавления в отчет карт, графиков и таблиц.

Верификация работы комплекса «АРИА» проводилась путем сопоставления результатов моделирования с данными, полученными с помощью аналитических и численных расчетов на основе сертифицированных моделей, а также с результатами измерений радиационной обстановки на следе аварийного выброса Сибирского химического комбината 6 апреля 1993 г., опубликованных в работах [7–9].

Геоинформационный экспертно-аналитический комплекс «АРИА» может использоваться специалистами аварийно-технических центров, подразделениями охраны окружающей среды и гражданской обороны для прогнозирования распространения радиоактивных примесей в атмосфере вследствие аварийных ситуаций или штатной работы предприятия; определения удельных активностей на поверхности и в атмосфере; проведения расчетов коллективных и индивидуальных эквивалентных доз, обусловленных загрязненной поверхностью, облаком радиоактивных примесей, ингаляцией радионуклидов; разработки рекомендаций по ликвидации последствий выбросов радиоактивных веществ в приземный слой атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. – М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. – 116 с.
2. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
3. Истомина Н.Ю., Истомин А.Д., Носков М.Д. Применение ГИС для прогнозирования распространения загрязняющих веществ и оценки их воздействия на человека // В сб. научных трудов Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2000. – Т. 1. – № 9. – С. 164–168.
4. Истомина Н.Ю., Носков М.Д., Истомин А.Д. Информационное обеспечение поддержки принятия решений по минимизации последствий аварийного выброса радиоактивных веществ в атмосферу // Экологические системы и приборы. – 2004.– № 6. – С. 5–8.
5. Жиганов А.Н., Истомина Н.Ю., Носков М.Д. Моделирование последствий выброса радиоактивных веществ в атмосферу // Известия вузов. Сер. Физика. – 2000. – Т. 43. – № 4 (приложение). – С. 100–104.
6. Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 224 с.
7. Савкин М.Н., Титов А.В. Анализ радиационной обстановки на следе аварийного выброса Сибирского химического комбината – В кн.: Медицина катастроф. – М.: ГНЦ «Институт биофизики», 1995.– С. 76–84.
8. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск: ТПУ, 1997. – 384 с.
9. Лысцов В.Н., Иванов А.Б., Колышкин А.Е. Радиоэкологические аспекты аварии в Томске // Атомная энергия. – 1993. – Т. 74. – № 4. – С. 364–367.

УДК 547.241